

Hővezető polimerek fejlesztési lehetőségei és vizsgálati módszerei

Development possibilities and analyzing methods of thermally conductive polymers

SUPLICZ András, SZABÓ Ferenc, KOVÁCS József Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék,
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., 00 36-1-463-1440,
e-mail: suplicz@pt.bme.hu, szabof@pt.bme.hu, kovacs@pt.bme.hu

Abstract

In this work some polymer composite materials were prepared, which have good thermal conductivity. On these materials thermal conductivity measurements and mechanical tests were performed, finally the change in the density and the segregation effect of the fillers were investigated. These composites are suitable for replacing the metal heat exchangers in the electronics, while maintaining the beneficial properties of the polymers.

Összefoglalás

Munkánk során különböző töltőanyagok segítségével olyan fröccsönthető polimer kompozit anyagokat állítottunk elő, amelyek jó hővezető képességgel rendelkeznek. Az elkészült anyagoknak vizsgáltuk a hővezető képességét, mechanikai tulajdonságait, sűrűségváltozását, valamint a fröccsöntés során kialakuló szegregációt. Az így elkészített anyagok a polimerek előnyös tulajdonságainak megtartásával az elektronikában alkalmazhatók a fém hőcserélők kiváltására.

Kulcsszavak

hővezető polimerek, hővezetési tényező, kompozit, szegregáció, bór-nitrid

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedek műszaki gyakorlatának számos területén jelentős igény mutatkozik a fémeket helyettesítő, új polimer alapú kompozit anyagok fejlesztésére, kihasználva azok óriási előnyeit: kis előállítási és feldolgozási költség, jól automatizálható gyártási folyamatok, kis sűrűség, korrózióállóság, vegyszerállóság, másodlagos műveletek elkerülése. Számos területen, ahol eddig hagyományosan a viszonylag nagy sűrűségű és nehezen, nagy költséggel alakítható fémeket alkalmazták, a polimer alapanyagok, illetve azok korszerű feldolgozási technológiájának előnyeit kihasználva egyre jobban elterjednek a fröccsönthető hővezető műanyagok. Az elektronikus és mechanikai funkciók egyesítése továbbra is erőteljes törekvés az iparban, párhuzamosan azzal, hogy a szenzorok, vezérlőegységek és elektromotorok teljesítménye egyre nő. Így az egyre több hőt termel, aminek az elvezetését meg kell oldani. A polimerek hővezetési tényezőjét hagyományosan jó hővezető töltőanyagok hozzáadásával javítják. Ilyen töltőanyag lehet például a grafit, a korom, a szénszál vagy a kerámia, illetve fém részecske. A hővezető polimerek használata jelenleg még újdonságnak számít, de egyre több tervező tekinti alternatívának az új termékek fejlesztésénél és alkalmazásuk is egyre terjed [1-3].

A munkánk célja egy olyan fröccsönthető, jó hővezető polimer anyag fejlesztése, amely a különböző töltőanyagoknak köszönhetően képes a hőt hatékonyan elvezetni, és a mátrixanyagként használt polimer előnyeit is megtartja (kis sűrűség, alacsony előállítási költség, jól automatizálható feldolgozástechnológia, hulladékmentes feldolgozás). Az általunk végzett kísérletek során vizsgáltuk a különböző töltő és erősítőanyagok hatását a kompozit anyag hővezetési tényezőjére, valamint mechanikai tulajdonságaira. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a töltőanyagok hajlamosak a szegregációra, így rontva a tulajdonságbeli homogenitást. Ennek érdekében vizsgáltuk a töltőanyag méretének hatását a szegregáció kialakulására.

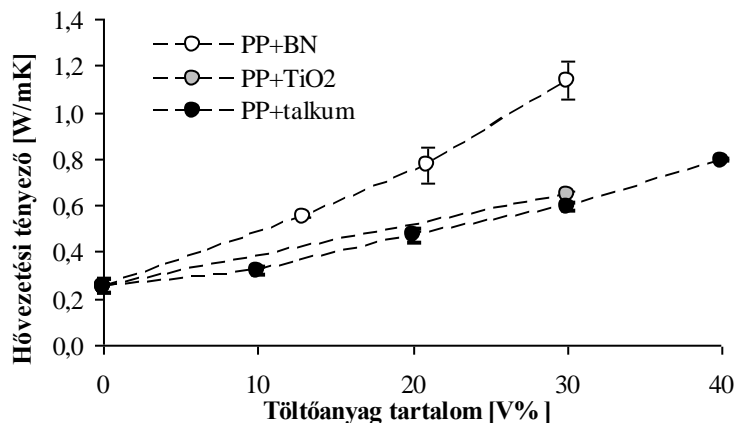
2. ANYAGOK, BERENDEZÉSEK, MÓDSZEREK

A kompozitok mátrixanyagának a Tiszai Vegyi Kombínát Nyrt. (Magyarország) által gyártott H145 F típusú homopolipropilént (PP) választottuk. A hővezető képesség javítására talkum, titán-dioxid (TiO_2), illetve bór-nitrid (BN) töltőanyagot alkalmaztunk. A talkumot és a titán-dioxidot a Novia Kft-től (Magyarország), a bór-nitridet pedig a németországi H.C. Starck GmbH-től vásároltuk. A PP mátrixhoz különböző térfogatszázalékban (0-40 V%) töltőanyagot adagoltunk, majd szárazkeverés után kompaundálósor (extruder, hűtőkád, granuláló) segítségével homogenizáltuk az anyagot, végül Arburg 370S 700-290-es fröccsöntőgépen 80x80x2 mm-es lapkákat gyártottunk. A mechanikai és szegregációs vizsgálatokhoz, valamint a sűrűségméréshez a termékekből próbatesteket munkáltunk ki vízvágó berendezés segítségével.

A hővezetési tényező meghatározásához egy saját építésű, forrólapos módszer elvén működő berendezést alkalmaztunk [4]. A méréshez két darab 80x80x2 mm-es próbatestre volt szükség. A szakítóvizsgálatokat Zwick Z020-as univerzális szakítógépen végeztük el az MSZ EN ISO 527-1:1999 szabvány ajánlásai alapján, „5A” típusú próbatesteken. A szegregációs vizsgálatoknál az MSZ EN ISO 3451:1-1999-es szabványt vettük alapul, amihez lapkapróbatestekből a folyási út mentén 4-4 próbatestet munkáltunk ki, majd kiégetéssel meghatároztuk a töltőanyagtartalmát.

3. EREDMÉNYEK

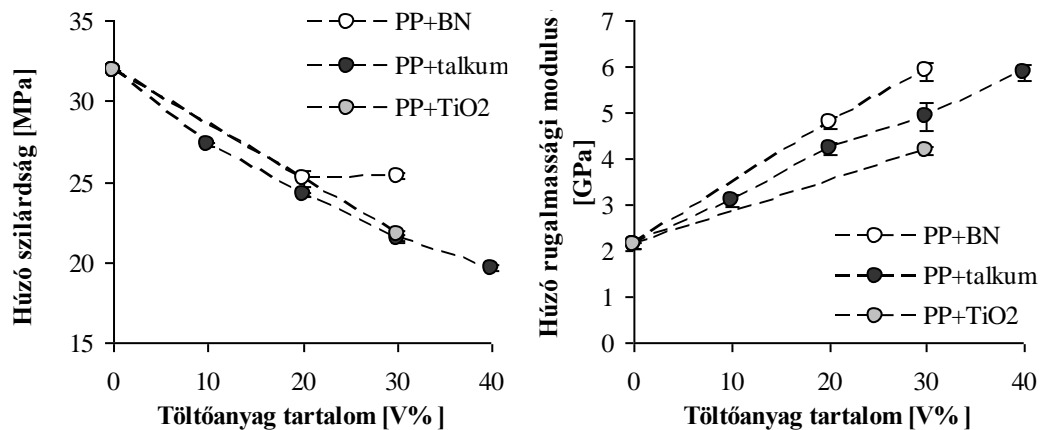
Kísérleteink során vizsgáltuk az egyes kompozit anyagok hővezető képességét a töltőanyag tartalom függvényében. Minden egyes sorozatból 3-3 próbatest-pár hővezetését mértünk meg. Az 1. ábra a bór-nitriddel, talkummal, illetve titán-dioxiddal töltött H145 F típusú polipropilén kompozitok hővezetési tényezőjét mutatja a töltőanyag tartalom függvényében. Látható, hogy a legkisebb mértékben a talkummal, a legnagyobb mértékben pedig a bór-nitriddel tudtuk növelni a polipropilén anyag hővezetési tényezőjét. Amíg a töltetlen polipropilén 0,25 W/mK-es hővezetési tényezőjét 30 V% talkum hozzáadásával 0,59 W/mK-re, ugyanennyi titándioxid hozzáadásával pedig 0,64 W/mK-re, addig 30 V% bór-nitrid hozzáadásával 1,14 W/mK-re tudtuk növelni. Ez az eredmény jól követi a töltőanyagok hővezetésének tendenciáját, ugyanis a talkumnak körülbelül 10 W/mK, a titán-dioxidnak 12 W/mK, a bór-nitridnek pedig 30-40 W/mK ez az értéke.



1. ábra

A kompozitok hővezetési tényezője a töltőanyag tartalom függvényében

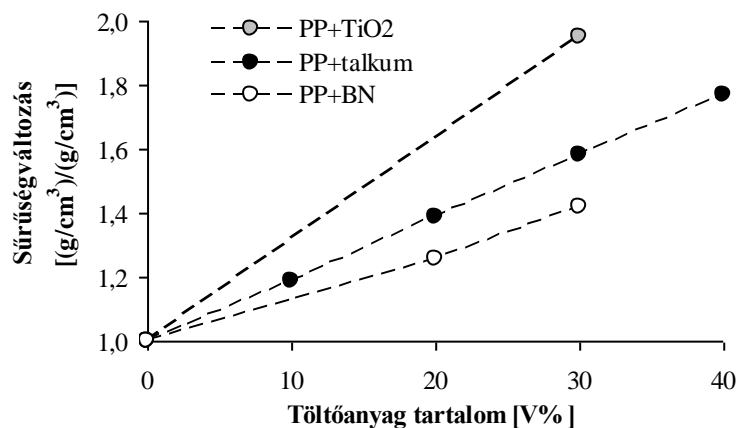
A kompozitok mechanikai tulajdonságait a 2. ábra szemlélteti. Általánosságban elmondható, hogy amíg töltőanyag hozzáadásával a polimer alapanyag húzószilárdsága csökken, addig a húzó rugalmassági modulusa, azaz merevsége nő. A H145 F polipropilén kezdeti 32 MPa-os szilárdsága 30 V% talkum hozzáadásával 21 MPa-ra, 30 V% bór-nitrid hozzáadásával 25 MPa-ra, és ugyanennyi titán-dioxid hozzáadásával 22 MPa-ra csökkent. A H145 F polipropilén rugalmassági modulusa 2,1 GPa-ról 30 V% talkum hozzáadásával 4,9 GPa-ra, 30 V% bór-nitrid hozzáadásával 5,9 GPa-ra, és ugyanennyi titán-dioxid hozzáadásával 4,16 GPa-ra nőtt. Ebből is jól látható, hogy a töltőanyag ridegíti a polimer mátrixot.



2. ábra

A kompozitok húzószilárdsága és húzó rugalmassági modulusa a töltőanyag tartalom függvényében

A kompozitok sűrűségét Archimedes törvénye alapján határoztuk meg levegőn és etanolba merítve. A kompozitok sűrűségének változását a töltetlen anyaghoz képest a 3. ábra mutatja. A homopolipropilén sűrűsége 0.91 g/cm^3 volt. Látható, hogy a legnagyobb mértékben a TiO_2 , a legkisebb mértékben pedig a BN növelte a sűrűséget. Amíg 30 V% titán-dioxid hozzáadásával a sűrűség kétszeresére növekedett, addig ugyanennyi bór-nitriddel csak 1,4-szeresére változott. Ezekből az eredményekből egyértelműen látható, hogy a BN az ideális töltőanyag a vizsgáltak közül, ugyanis 30 V% hozzáadásával a mátrixanyag sűrűségét csak kis mértékben változtatta, a húzómodulusát háromszorosára, a hővezetési tényezőjét pedig 4,5-szörösére növelte.

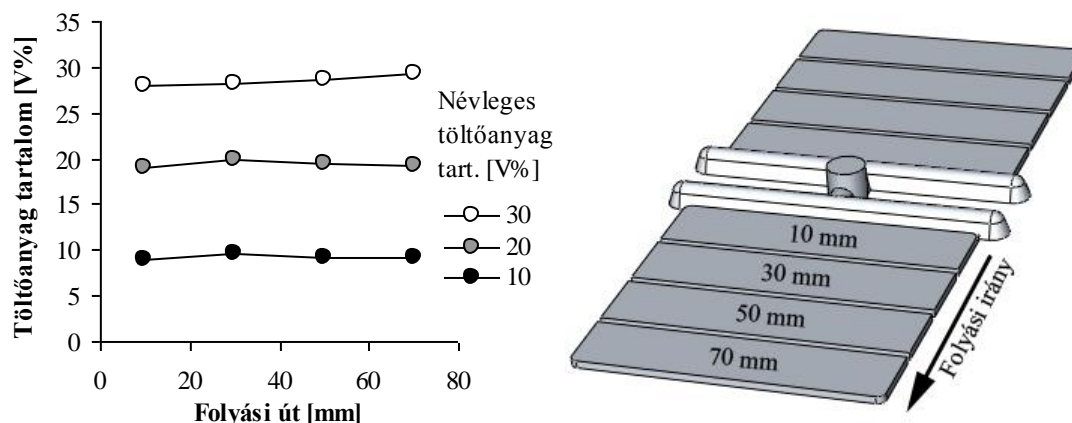


3. ábra

Töltőanyag tartalom hatása a sűrűségre

A szegregációs vizsgálatok során elsősorban hasonlósági teszteket végeztünk különböző átmérőjű üveggyöngyökön, hogy kimutassuk a töltőanyag méretének és mennyiségének hatását a szegregáció kialakulására. Az üveggyöngyökön végzett kísérletek alapján kimondható, hogy a szemcseméret növelésével nő a szegregációs hatás. Kisméretű szemcséknél ez elhanyagolható, de 90-100 μm -es részecskéknél már nem szabad figyelmen kívül hagyni. Továbbá kimutattuk, hogy 90-100 μm -es részecskék felett a töltőanyag tartalom is számottevően befolyásolja a jelenséget. Ezek alapján azt várjuk, hogy a hővezetési tényező növelésére alkalmazott töltőanyagoknál nem kell számolni a szegregációval, mivel mindegyik 100 μm -nél kisebb szemcsemérettel rendelkezik. Az elmélet igazolására talkummal töltött polipropilén esetében is végeztünk kísérleteket. A kompozitok elkészítéséhez használt talkum rendelkezett a töltőanyagok közül a legnagyobb szemcseátmérővel, amelynek maximális értéke 60 μm körül van. A vizsgálat eredményét a 4. ábra tartalmazza. Az eredmények alapján igazoltuk, hogy más töltőanyag esetére is érvényes az üveggyöngyökkel végzett kísérletek eredménye, tehát az általunk alkalmazott töltőanyagok szemcseméret tartományában a

szegregáció nem számottevő, így az nem befolyásolja a termékek homogenitását és lokális tulajdonságait, sem mechanikai sem hővezetési szempontokból.



4. ábra

Talcum tartalmú kompozitok szegregációs vizsgálatainak eredménye

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során több különböző, fröccsöntésre alkalmas, nagy ($>1,1 \text{ W/mK}$) hővezető képességű polimer kompozit anyagot állítottunk elő. A vizsgálatok alapján a három alkalmazott töltőanyag (talkum, TiO_2 , BN) közül a bór-nitrid bizonyult a legjobbnak mind mechanikai tulajdonság, mind hővezető képesség szempontjából. A töltetlen polipropilénhez képest 30 V% BN hozzáadásával több, mint 350%-al nagyobb hővezetési tényezőt kaptunk eredményül. A mechanikai vizsgálatok során mind húzószilárdság, mind pedig húzómodulus szempontjából a BN töltésű kompozit teljesített a legjobban, ami a részecskék lemezes alakjával és erősítőanyag jellegével magyarázható. Továbbá a PP sűrűségét is a BN változtatja a legkisebb mértékben. A szegregációs vizsgálatokból kiderült, hogy a $100 \mu\text{m}$ -nél kisebb szemcsemérettel rendelkező töltőanyagok esetén a szegregáció jelensége nem alakul ki fröccsöntés során.

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA PD 105995) anyagi támogatásáért. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP -4.2.2.B-10/1-2010-0009 program támogatja. Köszönjük továbbá az Arburg Hungária Kft-nek az Arburg Allrounder 370S 700-290 Advance típusú fröccsöntőgépet, a Lenzkes GmbH-nak a szerszámfelfogókat.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Z. Han, A. Fina, Thermal conductivity of carbonnanotubes and their polymer nanocomposites: A review, Progress in Polymer Science, 2011/36, 914-944.
- [2] S. R. Kim, M. Poostforush, J. H. Kim, S. G. Lee, Thermal diffusivity of in-situ exfoliated graphite intercalated compound/polyamide and graphite/polyamide composites, Express Polymer Letters, 2012/6, 476-484.
- [3] J.P. Hong, S.W. Yoon, T. Hwang, J.S. Oh, S.C. Hong, Y. Lee, J.D. Nam, High thermal conductivity epoxy composites with bimodal distribution of aluminum nitride and boron nitride fillers, Thermochimica Acta, 2012/537, 70-75.
- [4] A. Suplicz, J. G. Kovács, Development of thermally conductive polymer materials and their investigation, Materials Science Forum, 2013/729, 80-84.